

Technologiebericht

3.2 Wärmetransport und -verteilung

innerhalb des Forschungsprojekts

TF_Energiewende

Sebastian Herkel

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Disclaimer:

Das diesem Bericht zugrunde liegende Forschungsvorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie unter dem Förderkennzeichen 03ET4036A-C durchgeführt. Die Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts liegt bei den Autoren und Autorinnen.

Bitte den Bericht folgendermaßen zitieren:

Herkel, S. (2017): Technologiebericht 3.2 Wärmetransport und -verteilung. In: Wuppertal Institut, ISI, IZES (Hrsg.): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 2 an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken.

Hinweis:

Die multi-kriterielle Bewertung und generell die Erstellung dieses Berichts basiert auf den Vorgaben, die in Teilbericht 1 beschrieben sind:

Viebahn, P.; Kobiela, G.; Soukup, O.; Wietschel, M.; Hirzel, S.; Horst, J.; Hildebrand, J. (2017): Technologien für die Energiewende. Teilbericht 1 (Kriterienraster zur Bewertung der Technologien innerhalb des Forschungsprojekts TF_Energiewende) an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). Wuppertal Institut, Fraunhofer ISI, IZES: Wuppertal, Karlsruhe, Saarbrücken.

Kontakt:

Sebastian Herkel

Tel.: +49 761 / 4588 – 5117

Fax: +49 761 / 4588 – 9117

E-Mail: sebastian.herkel@ise.fraunhofer.de

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme

Heidenhofstr. 2

79110 Freiburg

Review durch:

Oliver Kastner (Institut für Solarenergieforschung Hameln gGmbH)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Verzeichnis von Abkürzungen, Einheiten und Symbolen	4
Tabellenverzeichnis	5
Zusammenfassung (Steckbrief)	6
1 Beschreibung des Technologiefeldes	8
2 Stand F&E in Deutschland	10
3 Relevanz öffentlicher Förderung	12
3.1 Kriterium 1: Vorlaufzeiten	12
3.2 Kriterium 2: Forschungs- und Entwicklungsrisiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)	12
4 Detaillierte Bewertung des Technologiefeldes	15
4.1 Kriterium 3: Marktpotenziale	15
4.2 Kriterium 4: Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen	16
4.3 Kriterium 5: Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz	17
4.4 Kriterium 6: Kosteneffizienz	18
4.5 Kriterium 7: Inländische Wertschöpfung	18
4.6 Kriterium 8: Stand und Trends von F&E im internationalen Vergleich	19
4.7 Kriterium 9: Gesellschaftliche Akzeptanz	20
4.8 Kriterium 10: Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit	21
4.9 Kriterium 11: Abhängigkeit von Infrastrukturen	22
4.10 Kriterium 12: Systemkompatibilität	22
5 F&E-Empfehlungen für die öffentliche Hand	23
Literaturverzeichnis	25

Verzeichnis von Abkürzungen, Einheiten und Symbolen

Abkürzungen

B.A.U.	Business-as-usual
BHKW	Blockheizkraftwerk


Einheiten und Symbole

%	Prozent
€	Euro
°C	Grad Celsius

Tabellenverzeichnis

Tab. 1-1	Techno-ökonomische Kenndaten von Wärmenetzen -----	8
Tab. 2-1	Öffentliche F&E-Förderung in Deutschland für Fernwärme von 1970-2019-----	10
Tab. 3-1	Vorlaufzeiten bis zur Kommerzialisierung von Technologien für die Transformation von Wärmenetzen -----	12
Tab. 3-2	Aktuelles Entwicklungsstadium des Technologiefeldes Wärmenetze-----	13
Tab. 3-3	Bewertung technischer und wirtschaftlicher Forschungs- und Entwicklungsrisiken in Zusammenhang mit Technologiefeld Wärmetransport und -verteilung-----	14
Tab. 4-1	Analyse des globalen Marktpotenzials für das Technologiefeld Wärmetransport und -verteilung-----	15
Tab. 4-2	Bandbreite des nationalen Marktpotenzials für das Technologiefeld Wärmetransport und -verteilung -----	16
Tab. 4-3	Wachstumsraten des Energieumsatzes der Technologie Wärmenetze der unterschiedlichen globalen und nationalen Szenarien als CAGR dargestellt -----	16
Tab. 4-4	Primärenergiefaktoren nicht-erneuerbarer Anteil der Einspeiser in das Wärmenetz (in Spannbreiten)-----	17
Tab. 4-5	Jährlich vermiedener Primärenergieeinsatz durch Einsatz von Wärmenetzen in Deutschland im Vergleich zum Referenzfall (in Spannbreiten) -----	17
Tab. 4-6	Analyse des bisherigen Marktanteils für das Technologiefeld Wärmenetze-----	18
Tab. 4-7	Inländische Wertschöpfung basierend auf Technologiefeld Wärmenetze hinsichtlich des nationalen Absatzmarktes-----	19
Tab. 4-8	Internationale Aufstellung der deutschen Industrie hinsichtlich des Technologiefeldes Wärmenetze -----	20
Tab. 4-9	Bewertung des Standes von Forschung und Entwicklung für das Technologiefeld Wärmenetze – Input-Orientierung -----	20
Tab. 4-10	Indikatoren zur Bewertung der Pfadabhängigkeit und Reaktionszeit des Technologiefeldes Wärmenetze -----	21
Tab. 4-11	Abhängigkeit von Infrastrukturen -----	22

Zusammenfassung (Steckbrief)

Technologiefeld Nr. 3.2 Wärmetransport und -verteilung	 Fraunhofer ISE					
A) Beschreibung des Technologiefeldes und F&E-Bedarf						
Beschreibung des Technologiefeldes						
Wärmetransport und -Verteilung bestehend aus 3 Technologien: – Technologie T0: Bestandsnetze – Technologie T1: Niedertemperatur Wärmenetze mit Einspeisung erneuerbarer Wärme – Technologie T2: Lastmanagement und flexibler Betrieb – Technologie T3: Planungsinstrumente für Wärmenetze und Hydraulik						
TRL-Level: T1 Wärmenetze TRL 7; T2 Betriebsoptimierung TRL 7, bisher ~10 Demoanlagen; T3 Planungsinstrumente TRL 7						
Kritische Komponenten und Themen: Thermohydraulik, Hausübergabestationen, Zusammenspiel von Wärmeerzeugung und -abnahme, Akzeptanz gemeinschaftlicher Versorgung						
Entwicklungsziele						
– Technologien T0 und T1: Transformation zu LowEx-Netzen mit dezentraler Einspeisung und steigendem Anteil Erneuerbaren Energien – Technologie T2: Flexibilisierung des Betriebes und Dynamisierung der Systemtemperaturen – Technologie T3: Schnelle, optimierende Planungswerkzeuge unter Berücksichtigung des dynamischen Lastverhaltens						
Technologie-Entwicklung						
	Einheit	Heute	2020	2030	2040	2050
Anteil Erneuerbare	%	13	15	21	46	71
Wirkungsgrad KWK (th./el.)	%	49/41	48/42	47/43	46/44	45/45
Durchschnittliche Netztemperaturen	°C	110	100	90	80	70
Verteilverluste	%	12	12	11	10	9
Lebensdauer	a	40	40	40	40	40
Investition	€/m	450-900	450-900	450-900	450-900	450-900
F&E-Bedarf						
Die öffentliche Förderung im Technologiefeld Wärmenetze ist im Wesentlichen durch das hohe wirtschaftliche Risiko zu begründen. Es bestehen folgende F&E-Bedarfe: – Demonstrationsvorhaben mit Integration von Erneuerbaren mit niedrigen Systemtemperaturen (Geothermie, Solarthermie, Wärmepumpen) in Neu- und Bestandsnetze – Systemregelung: Regelung und Steuerung bidirektionaler Niedertemperaturnetze mit mehreren Wärmequellen und abnahmeseitigem Lastmanagement. – Werkzeuge zur Strategieentwicklung und hydraulischen Planung der Transformation von Bestandsnetzen zu LowEx-Netzen.						

B) Multikriterielle Bewertung
Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen
– Gegenüber Referenztechnologie Gasbrennwertkessel mittlere bis hohe Einsparung von THG, abhängig davon, in welchem Umfang auf Erneuerbare Erzeuger umgestellt werden kann (10-30 % Anteil Wärmeversorgung Endkunden).
Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz
– Infrastruktur Wärmeverteilung ist wesentliche Voraussetzung für Potenziale KWK sowie bei der zentralen Erzeugung von Geothermie, Solarer Wärme und Umweltwärme (Wärmepumpen).
Kosteneffizienz
– Technologie A, B und C nur noch geringe Kostensenkung möglich, ggf. sogar Kostensteigerung bei gleichzeitiger Erhöhung der Funktionalität
Inländische Wertschöpfung
– Marktanteil von >90 % in Deutschland und 5% international möglich bis 2030
Stand und Trends von F&E im internationalen Vergleich
– Bzgl. Technologien A, B und C wettbewerbsfähig, dort auch hoher Anteil der wissenschaftlichen Publikationen und der Patente aus Deutschland. Wesentliche Wettbewerber sind wissenschaftliche Einrichtungen und Unternehmen aus Dänemark und Österreich.
Gesellschaftliche Akzeptanz
– Mittleres Risiko für Marktakzeptanz und sozialpolitische Akzeptanz, da bei niedrigen Verbräuchen die Investitionskosten dominant werden – Hohes Risiko bei lokaler Akzeptanz, da Wirtschaftlichkeit in der Regel nur bei hohen Anschlussdichten erreichbar
Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit
– Wärmenetze haben sehr lange Abschreibungs- und Nutzungszeiten, dem entsprechend sind Investitionsentscheidungen von stabilen Langfristentscheidungen abhängig.
Abhängigkeit von Infrastrukturen
– Für Technologie A, B und C müssen bestehende Infrastrukturen aus- und umgebaut werden. – Der Umbau der hausseitigen Übergabesysteme zu Niedertemperatursystemen ist aufwändig.
Systemkompatibilität
– Bei einem großen Bestand (hohen Durchdringung) an wärmenetzgebundener Wärmeversorgung lassen sich kostengünstige erneuerbare Wärmequellen erschließen (Tiefengeothermie, Solarthermie) – In Wärmenetze lassen sich sowohl zentral als auch dezentral Speicher gut integrieren. – Power-to-X Lösungen lassen sich in zentralen gekoppelten Wärme- und Kraftanlagen gut einbinden. – Technologieentwicklungen auf der Erzeugerseite lassen sich schnell implementieren.

1 Beschreibung des Technologiefeldes

Es gibt vielfältige Technologien zum Wärmetransport und -verteilung, netzgebundene Systeme und dem Transport von sensiblen oder latenten Wärmespeichern. Die Beschreibung und Analyse beschränkt sich im Folgenden auf Wärme- und Kältenetze, die sich nach Länge der Netze, Wärmeträgermedien, Temperaturniveaus und Betriebsweisen unterscheiden lassen.

In einem Wärmenetz wird ein Wärmeträgermedium (z. B. Wasser), das auf die gewünschte Temperatur erwärmt wurde, über ein Rohrleitungssystem mittels Pumpen verteilt. Beim Nutzer wird das Wärmeträgermedium entweder direkt in die lokalen Systeme geleitet oder die Wärme wird über einen Wärmetauscher an das Objekt übergeben. Das abgekühlte oder erwärmte Wärmeträgermedium des Verteilnetzes wird dann zurück zum Wärmeerzeuger geleitet, um erneut aufgeheizt bzw. gekühlt zu werden.

Wärme ist die Energieform mit den tendenziell größten Leitungsverlusten, jedoch steigt die wirtschaftliche Effizienz der Wärmebereitstellung mit größeren Erzeugereinheiten oder sinken die Kosten, z. B. im Bereich der solarthermischen Wärmeerzeugung. Zusätzlich können Wärmenetze die Effizienz von Industrieprozessen durch die Nutzbarmachung von Abwärme in benachbarten Quartieren erhöhen.

Das wichtigste Einsatzfeld von Wärmenetzen ist Auskopplung von Wärme aus Kraftwerksprozessen sowie die Nutzung von Wärme aus Blockheizkraftwerken. Je nach Temperatur- und Druckniveau unterscheidet man zwischen Warmwasser- und Dampfnetzen. Die Vorlauftemperaturen bei Wassernetzen werden in Wärmeversorgung in Abhängigkeit der von der Außenlufttemperatur abhängigen Heizlast im Sommer abgesenkt. In Skandinavien hat sich die Kategorisierung der Netze nach „Generationen“ – G1-G4 etabliert (Lund 2014).

Der Transport von Kälte mittels Netzen erfolgt in der Regel innerhalb von Liegenschaften, bei denen eine zentrale Kälteerzeugung aufgrund der höheren Wirtschaftlichkeit größerer Kälteerzeuger sinnvoll ist. Kältenetze werden im Folgenden nicht weiter vertieft.

Tab. 1-1 Techno-ökonomische Kenndaten von Wärmenetzen

	Einheit	Heute	2020	2030	2040	2050
Anteil Erneuerbare	%	13	15	21	46	71
Wirkungsgrad KWK (th./el.)	%	49/41	48/42	47/43	46/44	45/45
Durchschnittliche Netztemperaturen	°C	110	100	90	80	70
Verteilverluste	%	12	12	11	10	9
Lebensdauer	a	40	40	40	40	40
Investition	€/m	450-900	450-900	450-900	450-900	450-900

Quelle: Eigene Abschätzung, AGFW (2015), AGFW 70/70

Der Fernwärmeanteil am gesamten deutschen Endenergieverbrauch betrug 2016 etwa 13,7 %. Die erzeugte Wärme stammt dabei zu 83 % aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, zu 15 % aus Heizwerken und zu 2 % aus industrieller Abwärme. Rund 1.324 Heizwasser- und 48 Dampfnetze versorgen rund 372.000 Hausübergabestationen. Der Zuwachs betrug in den letzten 8 Jahren rund 1,7 %/a. Die derzeitige Trassenlänge für die Fernwärmeversorgung beträgt 21.270 km. Der Zuwachs betrug in den letzten 8 Jahren rund 1,9 %/a (BDEW2017).

In 2016 wurden zu rund 40 % Erdgas als Brennstoff eingesetzt, gefolgt von Kohle mit rund 30 % und erneuerbaren Energien mit 20 %. Siedlungsabfälle hatten einen Anteil von rund 10 % (BDEW2017).

Im Neubau hatte die Fernwärme in 2014 mit einem Anteil von rund 24 % an den neu installierten Heizungssystemen und liegt damit zusammen mit den Wärmepumpensystemen auf Platz zwei nach den mit Erdgas befeuerten Kesseln (BDEW2017).

2 Stand F&E in Deutschland

Entwicklungs- und Forschungsschwerpunkte öffentlicher Fördervorhaben

Die Forschung und Entwicklung von Wärmenetzen wurde in Deutschland in den letzten vierzig Jahren relativ umfangreich durchgeführt, insbesondere in den 1970er Jahren. Als Indikator hierfür werden die öffentlich verausgabten Mittel des Bundes in der Tab. 2-1 dargestellt. Die Auswertung beruht auf Stichwortsuche in der EnArgus Datenbank, eine Doppelzählung kann daher nicht ausgeschlossen werden.

Tab. 2-1 Öffentliche F&E-Förderung in Deutschland für Fernwärme von 1970-2019

Stichwort	Anzahl Projekte	
	1970-2019	davon 2010-2019
Wärmenetze	111	81
Fernwärme	277	71

Quelle: EnArgus

Die Anzahl der Vorhaben pro Jahrzehnt ist gestiegen bei gleichzeitig geringeren Volumina pro Projekt.

Wesentliches öffentliches Förderprogramm war die vom BMWi verantwortete Förderrichtlinie „EnEff:Wärme“. Der Schwerpunkte der Projekte lag auf der Durchführung von Demonstrationsvorhaben und wissenschaftlicher Begleitung. Die in der Studie Energietechnologien 2050 identifizierten F&E-Bedarfe wurden aufgenommen und in Forschungsprojekten bearbeitet (EnArgus 2017 und Fraunhofer ISI 2010).

Forschungsaktivitäten der jüngeren Vergangenheit konzentrierten sich auf die Absenkung der Fernwärmeparamperaturen, auf Maßnahmen zur Strukturoptimierung der Topologie sowie die verteilte Einspeisung in Fernwärme.

Transformation von Wärmenetzen: Low-Ex-Netze und dezentrale Einspeisung

Ein Schwerpunkt der F&E-Vorhaben der letzten Jahre war die Entwicklung von Methoden zur Transformation von Wärmenetzen hin zu niedrigeren Systemtemperaturen. Der Schwerpunkt lag dabei auf der wissenschaftlichen Begleitung von Demonstrationsvorhaben. Die mit der dezentralen Einspeisung von Wärmeerzeugern in Bestandsnetze verbundenen hydraulischen Probleme waren ein weiterer Schwerpunkt der F&E-Aktivitäten.

Optimierung und Flexibilisierung des Netzbetriebes

Die Optimierung des Betriebs von Wärmenetzen durch Speichermanagement und Flexibilisierung der Temperaturen und Volumenströme war Gegenstand meist theoretischer Studien.

Planungsinstrumente

Der dritte Schwerpunkt von Forschung und Entwicklung im Themenfeld Wärmeverteilung und Transport waren Planungsinstrumente, insbesondere Instrumente zur schnellen Ermittlung von konkreten Potenzialen zum Ausbau von Wärmenetzen. Ein weiteres Thema war die Berücksichtigung von Wechselwirkungen, die sich aus der Kopplung von Strom und Wärme ergeben.

3 Relevanz öffentlicher Förderung

3.1 Kriterium 1: Vorlaufzeiten

Wärmenetze sind eine seit vielen Jahrzehnten bekannte Technologie, dementsprechend liegen die Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte auf der Anpassung der Wärmenetze auf sich verändernde energiewirtschaftliche Randbedingungen.

Die Vorlaufzeiten sind aus technologischer Sicht kurz, aufgrund der großen Interaktion mit existierenden Infrastrukturen und der Pfadabhängigkeit sind die Vorlaufzeiten jedoch in der Größenordnung von 10 Jahren.

Tab. 3-1 Vorlaufzeiten bis zur Kommerzialisierung von Technologien für die Transformation von Wärmenetzen

Abhängig von den verschiedenen Szenarienentwicklungen und öffentlicher Förderung ist mit der Inbetriebnahme der ersten kommerziellen Anlage in Deutschland zu rechnen ...

Szenarienbereich DE_80%	bis 2020 <input type="checkbox"/>	bis 2030 <input checked="" type="checkbox"/>	bis 2040 <input type="checkbox"/>	bis 2050 <input type="checkbox"/>	nach 2050 <input type="checkbox"/>
Szenarienbereich DE_95%	bis 2020 <input type="checkbox"/>	bis 2030 <input checked="" type="checkbox"/>	bis 2040 <input type="checkbox"/>	bis 2050 <input type="checkbox"/>	nach 2050 <input type="checkbox"/>

3.2 Kriterium 2: Forschungs- und Entwicklungsrisiken (technisch, wirtschaftlich, rohstoffseitig)

Teilkriterium 2.1 Entwicklungsstadium

Tab. 3-2 gibt eine Übersicht zum aktuellen Entwicklungsstadium des Technologiefeldes Wärmetransport und -verteilung mit den drei wichtigsten Entwicklungsbereichen.

Tab. 3-2 Aktuelles Entwicklungsstadium des Technologiefeldes Wärmenetze

Grobklassifizierung	Feinklassifizierung	TF	T0	T1	T2	T3
Grundlagenforschung						
	TRL 1 – Grundlegende Prinzipien beobachtet und beschrieben, potentielle Anwendungen denkbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Technologieentwicklung		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	TRL 2 – Beschreibung eines Technologiekonzepts und/oder einer Anwendung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	TRL 3 – Grundsätzlicher Funktionsnachweis einzelner Elemente einer Anwendung/Technologie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	TRL 4 – Grundsätzlicher Funktionsnachweis Technologie/Anwendung im Labor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Demonstration		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	TRL 5 – Funktionsnachweis in anwendungsrelevanter Umgebung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	TRL 6 – Verifikation mittels Demonstrator in anwendungsrelevanter Umgebung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	TRL 7 – Prototypentest in Betriebsumgebung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	TRL 8 – Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionsfähigkeit in Betriebsumgebung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommerzialisierung						
	TRL 9 – Erfolgreicher kommerzieller Systemeinsatz	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TRL = Technology Readiness Level, TF = Technologiefeld

T0 = Bestandsnetze G2/3, T1 = LowEx-Netze, T2 = Lastmanagement und flexibler Betrieb, T3 = Planungsinstrumente

Teilkriterium 2.2 Technisches und wirtschaftliches F&E-Risiko

Hinsichtlich der Einordnung in die verschiedenen Szenariowelten ist das wirtschaftliche Forschungs- und Entwicklungsrisiko deutlich höher einzuschätzen als das technische Risiko (siehe Tab. 3-3). Dies ist vor allem mit den langen Anlaufzeiten bzw. -vertrüsten zu begründen, was letztendlich auch den Einsatz öffentlicher F&E-Fördermittel rechtfertigt. LowEx -Konzepte zielen auf die Einsparung hochwertiger Energie und tragen den neuen Randbedingungen der Wärmeversorgung (niedrigere Vortauftemperaturen) Rechnung. Für die Auslegung neuer Wärmenetze und die Einbindung neuer Wärmequellen in bestehende Netze sind entsprechende Modelle zu entwickeln. Darüber hinaus sind die Konzepte in Form von Demonstrationsprojekten zu realisieren, um entsprechende Erfahrungen für zukünftige Netzplanungen zu gewinnen.

Tab. 3-3 Bewertung technischer und wirtschaftlicher Forschungs- und Entwicklungsrisiken in Zusammenhang mit Technologiefeld Wärmetransport und -verteilung

	sehr gering	Gering	eher gering	eher hoch	hoch	sehr hoch
Das <i>technische</i> Forschungs- und Entwicklungsrisiko ist ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Das <i>wirtschaftliche</i> Forschungs- und Entwicklungsrisiko ist ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4 Detaillierte Bewertung des Technologiefeldes

4.1 Kriterium 3: Marktpotenziale

Teilkriterium 3.1 Globales Marktpotenzial

Die Märkte für Wärmetransport- und Verteilung sind sehr stark von nationalen energiewirtschaftlichen Randbedingungen sowie der Ausgestaltung der technischen Regeln geprägt. Historisch sind Fernwärmenetze in den Ländern des ehemaligen Rates für gegenseitige Wirtschaftshilfe am weitesten ausgebaut, was sich in Deutschland deutlich in den Unterschieden zwischen den ost- und westdeutschen Ländern widerspiegelt. In den osteuropäischen Märkten, insbesondere in Russland, sinken die Absatzmärkte für Fernwärme infolge der Privatisierung von Wohneigentum und der Liberalisierung. Die Möglichkeiten in die Erneuerung der Wärmenetze zu investieren sind dadurch beschränkt. Ein anderes Bild stellt sich in Skandinavien, insbesondere in Dänemark dar, wo ein kontinuierlicher Ausbau der Fernwärme erfolgt, mit Anteilen von bis zu 60% (DK).

Tab. 4-1 Analyse des globalen Marktpotenzials für das Technologiefeld Wärmetransport und -verteilung

Jahr	Referenz (BAU)		Szenarienbereich INT_2°C		Szenarienbereich INT_besser_2°C	
Einheit	TWh		TWh		TWh	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
2020		2500		2400		2400
2030		2800		2700		2700
2040		2900		2900		2900
2050		3000		2700		2600

Quelle: Energy [r]evolution a sustainable world energy outlook 2015 100% renewable energy for all, Greenpeace et al. 2015

Teilkriterium 3.2 Nationales Marktpotenzial

Das Marktpotenzial stellt sich unterschiedlich dar, je nachdem, ob die betriebene Trassenlänge, die Anzahl der an die Wärmenetze angeschlossenen Gebäude und Liegenschaften, die installierte Wärmeleistung oder die durch die Netze geleitete Wärme angegeben wird.

Die Bandbreite des Marktpotenzials wurde auf Basis der Studien von Öko und ISI (2015), Prognos (2014) sowie Palzer (2016) ermittelt.

Tab. 4-2 Bandbreite des nationalen Marktpotenzials für das Technologiefeld Wärmetransport und -verteilung

Jahr	Referenz (BAU)		Szenarienbereich DE_80%		Szenarienbereich DE_95%	
Einheit	TWh		TWh		TWh	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
2020	108	114	103	119	112	127
2030	103	165	93	144	90	116
2040	93	226	73	208	88	100
2050	85	259	54	212	69	120

Quelle: Eigene Berechnung, Öko/ISI (2015), Palzer (2016), Prognos (2014)

Verifizierung mittels Analyse der implizierten Wachstumsraten

Die zu erwartenden Wachstumsraten des Energieumsatzes durch Wärmenetze sind in den internationalen Märkten höher, liegen aber auch im deutschen Kontext unter den mittleren Wachstumsraten des BIP. Auch bei einem Ausbau der Wärmenetze, wie sie z. B. in den Szenarien von Palzer (2016) oder den Szenarien von AGFW (70/70) adressiert wird, steigt zwar der Anteil der wärmenetzgebundenen Versorgung von Gebäuden, nicht jedoch der Energieumsatz. In Tab. 4-3 liegen die gleichen Szenarien wie in den vorherigen Abschnitten zugrunde.

Tab. 4-3 Wachstumsraten des Energieumsatzes der Technologie Wärmenetze der unterschiedlichen globalen und nationalen Szenarien als CAGR dargestellt

Prozent	CAGR (t,t')
CAGR(2020,2050) _{INT_Bau}	0,6
CAGR(2020,2050) _{INT_2°C}	0,4
CAGR(2020,2050) _{INT_besser_2°C}	0,3
CAGR(2020,2050) _{DE_Bau}	- 0,8 - +2,1
CAGR(2008,2050) _{DE_80%}	- 1,4 - +1,8
CAGR(2008,2050) _{DE_95%}	- 1,1 - - 0,7

4.2 Kriterium 4: Beitrag zu Klimazielen und weiteren Emissionsminderungszielen

Teilkriterium 4.1 Vermiedene Treibhausgas-Emissionen

Wärmenetze sind eine „Enabler“-Technologie ähnlich wie Speicher, insofern ist der Technologie keine direkte Minderung von Treibhausgas-Emissionen zuzuordnen. Es gibt aber drei Technologien, die auf die Nutzung von Wärmenetzen angewiesen sind: Abwärme aus Kraftwerksprozessen (GuD, Abfallverwertung), Abwärme aus industri-

ellen Prozessen und direkte Wärmenutzung der tiefen Geothermie. Hinzu kommen BHKW und solarthermische Freiflächenanlagen, die im Vergleich zu Kleinanlagen erhebliche Effizienzvorteile bzw. Kostenvorteile haben und daher Wärmenetze nutzen. Auch beim Einsatz von Wärmepumpen in Netzen sind Skalierungseffekte zu erwarten. Der zweite mittelbare positive Effekt zur Reduktion der Treibhausgase ist die Bereitstellung von Flexibilitätsoptionen durch die mit dem elektrischen System gekoppelten Wärmeerzeuger. Diese ist im Vergleich zu Einzelversorgungssystemen größer, da zum einen Speicher leichter integriert werden können, zum anderen die thermische Last gleichmäßiger anfällt. Auf die Darstellung von vermiedenen Treibhausgas-Emissionen wird verzichtet, es wird auf das in Kapitel 4.3 dargestellte Einsparpotenzial an Primärenergie verwiesen.

4.3 Kriterium 5: Beitrag zur Energie- und Ressourceneffizienz

Teilkriterium 5.1 Energieeffizienz

Die der Studie zugrunde liegenden Szenarien weisen eine hohe Bandbreite hinsichtlich des Wachstums bzw. Rückgangs der mittels Wärmenetze versorgten Gebäude und Liegenschaften auf.

Tab. 4-4 Primärenergiefaktoren nicht-erneuerbarer Anteil der Einspeiser in das Wärmenetz (in Spannbreiten)

PJ/a	Szenarienbereich DE_80%	Szenarienbereich DE_95%
2020	0,92	0,90-0,91
2030	0,77-0,85	0,69-0,82
2040	0,56-0,72	0,50-0,56
2050	0,37-0,55	0,28-0,29

Quelle: Öko und ISI (2015)

Tab. 4-5 Jährlich vermiedener Primärenergieeinsatz durch Einsatz von Wärmenetzen in Deutschland im Vergleich zum Referenzfall (in Spannbreiten)

PJ/a	Szenarienbereich DE_80%	Szenarienbereich DE_95%
2020	0 - 3	4
2030	6 - 14	19 - 24
2040	35 - 51	142 - 128
2050	30 - 95	165 - 179

Quelle: Öko und ISI (2015)

Aufgrund der zunehmenden Umstellung von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energien sinkt in allen Szenarien der Primärenergieaufwand an nicht-erneuerbaren Energien. Während einige Szenarien mittelfristig von einem weiteren Zuwachs der

abgesetzten Wärme und erst langfristig von einem Rückgang des Wärmeabsatzes ausgehen, sehen die dargestellten ambitionierteren Szenarien zum Teil einen schnelleren Rückgang trotz moderatem Ausbau der angeschlossenen Wärmeabnehmer.

4.4 Kriterium 6: Kosteneffizienz

Die Kosteneffizienz der Technologie Wärmenetze setzen sich zusammen aus den Kosten für die Rohre der Netze, die Verlegung der Netze, den Übergabestationen sowie Kosten für Regelung und Steuerung. Die Kosten für den Netzbau hängen dabei im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab: Material der genutzten Rohre, Art und Umfang der Dämmung, Verlegetechnik, Ort der Verlegung (Asphalt, Freiland, innerhalb von Bauwerken). Clausen schlüsselt die Kosten anteilig mit 25 % Übergabestation, je 30 % Rohre und Verlegung sowie je 7 % Steuerungstechnik und Sonstiges (Clausen 2012). Die Kosten für Rohre und Verlegung variieren zwischen 180 Euro/m bis 300 Euro /m (DN20) und 400-650 Euro /m (DN 140) (DLR 2009).

Zentrale Kostensenkungspotenziale liegen zum einen in der Verwendung von kostengünstigeren Materialien für die Rohre, in Deutschland wird überwiegend das Kunststoffmantelrohr eingesetzt. Kostensenkungspotenziale wurden detailliert in UBA (2006) diskutiert, es liegt wesentlich im Bereich der Verlegetechnologien. Sie haben sich bisher nur bedingt realisieren lassen.

4.5 Kriterium 7: Inländische Wertschöpfung

Die inländische Wertschöpfung ist bei der Technologie Wärmenetze sehr hoch aufgrund der Kostenstruktur. Rund 55 % der Kosten entfallen auf Bau, Montage und Planung. Von den eingesetzten Produkten Rohre, Kommunikationsinfrastruktur und Übergabestationen wird ebenfalls ein hoher Anteil in Deutschland gefertigt (Clausen 2012a).

Bis auf den Wärmeversorger Vattenfall, der in den großen Fernwärmenetzen in Berlin und Hamburg größere Marktanteile besitzt, ist die netzgebundene Wärmeversorgung von deutschen, meist kommunalen Unternehmen geprägt.

Tab. 4-6 Analyse des bisherigen Marktanteils für das Technologiefeld Wärmenetze

%	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2020	2030	2040	2050
Marktanteil deutscher Unternehmen in Deutschland (in %)	>90	>90	>90	>90	>90	>90	>90	>90	>90	>90	>90

Quelle: Eigene Abschätzung

Der Gesamtumsatz für Fernwärme betrug in 2015 10 Mrd. EUR, 1,5 Mrd. EUR wurde in neue Wärmenetze investiert. Setzt man dieses Verhältnis von Umsatzerlösen aus dem Verkauf von Fernwärme und Investitionen in Wärmenetze auch in Zukunft an, so liegt die Bandbreite der inländischen Wertschöpfung durch den Bau von Wärmenetzen in 2030 zwischen 1,3 und 2,1 Mrd. EUR in 2030 und 0,8-3 Mrd. EUR in 2050.

Tab. 4-7 Inländische Wertschöpfung basierend auf Technologiefeld Wärmenetze hinsichtlich des nationalen Absatzmarktes

Jahr	National			
	Szenarienbereich DE_80%		Szenarienbereich DE_95%	
	Mrd. € _{2015/a}		Mrd. € _{2015/a}	
	Min	Max	Min	Max
2014 - 2020	1.5	1.7	1.6	1.8
2021 - 2030	1.3	2.1	1.3	1.7
2031 - 2040	1.0	3.0	1.3	1.4
2041 - 2050	0.8	3.0	1.0	1.7

4.6 Kriterium 8: Stand und Trends von F&E im internationalen Vergleich

Teilkriterium 8.1 Internationale Aufstellung der deutschen Industrie

Außerhalb von Deutschland haben insbesondere die skandinavischen Länder Dänemark und Schweden eine lange wissenschaftliche Tradition. Dazu kommen Veröffentlichungen aus den mittel- und osteuropäischen Ländern, die einen relativen hohen Anteil an Fernwärmeversorgung in den jeweiligen Ländern haben. Zum Stichwort „district heating“ finden sich 63.000 Veröffentlichungen, davon 16.000 seit 2013 (Google 2017).

Wichtige Trends sind die Anpassung von Wärmenetzen infolge sich verändernder energiewirtschaftlicher Randbedingungen, insbesondere Themen, die sich mit der Kopplung der Themen Wärme und Strom befassen. Ein weiterer Trend ist die Umstellung auf Wärmenetze mit niedrigeren Systemtemperaturen, hier wird zum Teil von „Anergie-Netzen“ oder „4th Generation District Heating“ gesprochen.

Die Schwerpunkte des IEA Implementing Agreement on District Heating and Cooling lagen im Zeitraum von 2011 - 2017 auf Strategien zur Wartung von Wärmenetzen, Integration von Erneuerbaren und Abwärme in Fernwärme und Transformation zu Niedertemperaturnetzen. Neue Schwerpunkte ab 2017 werden Systemintegration, Kältenetze, Übergabestationen und die Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen sein (DHC 2017).

Der Markt der Wärmenetze ist national geprägt, aufgrund der umfangreichen nationalen F&E-Aktivitäten und intensiven Beteiligung deutscher Beteiligter an internationalen Aktivitäten des Branchenverbandes AGF, deren Mitglieder und mit Hochschulen und Instituten kann die deutsche Industrie als wettbewerbsfähig eingeordnet werden, auch wenn im europäischen Kontext skandinavische Länder hier wichtige Impulse setzen.

Tab. 4-8 Internationale Aufstellung der deutschen Industrie hinsichtlich des Technologiefeldes Wärmenetze

Welchen Status hat die deutsche Industrie hinsichtlich Know-how innerhalb dieses Technologiefeldes weltweit?

Technologiefeld ☐ Technologieführerschaft ☒ wettbewerbsfähig
☐ nur in Einzelanwendungen konkurrenzfähig ☐ abgeschlagen

Falls nicht auf Ebene des Technologiefeldes, sondern einzelne, relevante Technologien innerhalb des Technologiefeldes bewertet werden sollen, bitte diese Tabelle jeweils kopieren.

Teilkriterium 8.2 F&E-Budgets

Die IEA weist in ihren Statistiken zu Forschungsbudgets Wärmenetze nicht aus, eine Zuordnung und Vergleich der deutschen F&E-Ausgaben im internationalen Kontext ist daher nicht möglich. Zur Beschreibung der nationalen F&E-Ausgaben kann die in EnArgus (2017) dokumentierte öffentliche Förderung des Bundes herangezogen werden. Im langjährigen Maßstab sind insbesondere zu Beginn der koordinierten Energieforschung in Deutschland größere Volumina in das Thema Fernwärme geflossen, wobei hier nicht nur die Wärmenetze betrachtet wurden. Aktuell liegt der Schwerpunkt auf dem Thema Wärmenetze. Die Ausgaben waren hierzu im Zeitraum bis 2009 bei 0,5 Mio. EUR/a, seit 2010 ist hier ein signifikanter Anstieg auf 5 Mio. EUR/a erfolgt.

Tab. 4-9 Bewertung des Standes von Forschung und Entwicklung für das Technologiefeld Wärmenetze – Input-Orientierung

Stichwort	Mio. EUR	
	1970-2009	2010-2019
Wärmenetze	17.1	40
Fernwärme	233.3	31.6

Quelle: EnArgus

4.7 Kriterium 9: Gesellschaftliche Akzeptanz

Fernwärme ist als eine Option der Wärmeversorgung seit vielen Jahrzehnten eingeführt und daher als Technologie bekannt und eingeführt, technische Risiken sind mit ihr nicht assoziiert. Ausgehend von dieser grundsätzlichen Akzeptanz können derzeit zwei grundsätzliche Diskussionen in Deutschland zu Wärmenetzen beobachtet werden. Zum einen sind in ländlichen Gebieten in den letzten Jahren 140 Kommunen neu mit Bioenergie versorgt worden (in der Regel unter Nutzung von Wärmenetzen), was zeigt, dass gemeinschaftlich organisierte Lösungen dort, wo Kommunikation direkt erfolgen kann, eine hohe Akzeptanz erfahren, wenn positiv besetzte Ziele (Erneuerbare Energien stärken, Unabhängigkeit) zu akzeptablen Kosten erreicht werden können (Clausen 2012b). Der zweite Diskussionsstrang findet eher in städtischen Gebieten statt, in denen entweder ein Ausbau existierender Fernwärmeversorgung oder der Neubau eines Wärmenetzes erfolgen soll. Hier führen die gleichen Motiva-

tionen, insbesondere sich unabhängig zu versorgen, zu einer Präferenzierung von gebäudeindividuellen Versorgungslösungen (Frei 2016). Dies nicht zuletzt wegen der bei allen Versorgungstechnologien höheren Wärmepreise bei Niedrigenergiegebäuden. Eine grundsätzlich sehr hohe Akzeptanz ist bei der Wohnungswirtschaft zu finden, die von den geringen Aufwendungen für Wartung profitiert.

4.8 Kriterium 10: Unternehmerisch-technische Pfadabhängigkeit und Reaktionsfähigkeit

Wärmenetze haben eine technische Lebensdauer von 40-60 Jahren und stellen damit eine langfristige Infrastruktur dar. Aufgrund der langen Lebensdauer und deshalb geringen Abschreibung werden Wärmelieferungsverträge in der Regel über mindestens 10 Jahre geschlossen. In neuen Netzen mit geringerem Anteil an Brennstoffkosten aufgrund geringerer Wärmeabnahme steigt der Anteil der annuisierten Investitionskosten, in Systemen mit einem hohen Anteil solarer Einspeisung und ggf. saisonaler Speicherung wird dieser Anteil noch höher. Damit besteht ein hohes unternehmerisches Risiko, was durch die Möglichkeit einer Fernwärmesatzung mit Anschluss- und Benutzungszwang abgemildert werden kann. Dieses Instrument führt wiederum zu einer Abhängigkeit der politischen Willensbildung in der jeweiligen Kommune.

Mit der zunehmenden Abnahme des Wärmebedarfs von Bestandsgebäuden verringert sich der Wärmeabsatz in Bestandsnetzen. In welchem Umfang sich dieser Absatzrückgang durch höhere Erlöse kompensieren lässt, hängt zum einen stark von den zulässigen Preiserhöhungen beim Verkauf der Wärme, zum anderen im Falle einer Versorgung mittels eines GuD-Kraftwerkes oder eines BHKW von den erzielbaren Stromerlösen ab. Das Verhältnis der Preise für die wesentlichen Energieträger Gas und Strom hat entscheidenden Einfluss auf die zu erreichenden Marktanteile der jeweiligen Versorgungstechnologien. Insbesondere Koppelprozesse zur Wärme- und Kälteversorgung reagieren sehr sensitiv auf das Verhältnis der Kosten von Gas und Strom. Die damit verbundenen Preisrisiken sind entwicklungshemmend.

Die Reaktionsfähigkeit bei der Technologie Wärmenetze ist wie bei den anderen Netzen aufgrund der Lebensdauer gering – es besteht aber eine hohe Abhängigkeit von der zukünftigen Ausgestaltung des Energiesystems.

Tab. 4-10 Indikatoren zur Bewertung der Pfadabhängigkeit und Reaktionszeit des Technologiefeldes Wärmenetze

Variable	Einheit	Heute	2020	2030	2040	2050
Planungszeit	Monate	12-24	12-24	12-24	12-24	12-24
Bauzeit	Monate	2	2	2	2	2
Heute übliche wirtschaftliche Nutzungsdauer	Jahre	40-60	40-60	40-60	40-60	40-60
Spezifische Investition	€ ₂₀₁₅ /m	450-900	450-900	450-900	450-900	450-900

4.9 Kriterium 11: Abhängigkeit von Infrastrukturen

Wärmenetze stellen selber eine Infrastruktur dar, die indirekt von anderen Infrastrukturen abhängt. Eine Wechselwirkung zu anderen Infrastrukturen besteht zu Gasnetzen. Bei Einsatz von BHKW mit gasbetriebenen Motoren besteht die Notwendigkeit des Zugangs zu einem Gasnetz, falls Erdgas als Energieträger verwendet werden soll. Gasnetze wiederum können eine Wettbewerbssituation darstellen, wenn Endkunden versorgt werden. Ein Ausbau von Wärmenetzen in einem solchen Gebiet stellt sich in der Regel eher unwirtschaftlich dar, wenn nicht eine weitgehende Konversion gelingt. Im Falle der Versorgung der Wärmenetze mit Solarthermie oder Geothermie besteht wenig Wechselwirkung zu anderen Infrastrukturen, im Falle des Einsatzes von Wärmepumpen besteht eine Kopplung an das Stromnetz.

Im Kontext des Ausbaus von Wärmenetzen in urbanen Räumen bestehen Abhängigkeiten von der Verkehrsinfrastruktur, in der Regel werden Wärmenetze im öffentlichen Raum verlegt.

Tab. 4-11 Abhängigkeit von Infrastrukturen

Die Nutzung der Technologie(n) ist unabhängig von Infrastrukturen möglich	<input type="checkbox"/> Ja	<input checked="" type="checkbox"/> Nein
Die Nutzung und Verbreitung der Technologie(n) ist von bestehenden Infrastrukturen abhängig	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Zur Verbreitung und Nutzung der Technologie(n) müssen bestehende Infrastrukturen ausgebaut werden	<input checked="" type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Zur Verbreitung und Nutzung der Technologie(n) müssen neue Infrastrukturen gebaut werden	<input type="checkbox"/> Ja	<input checked="" type="checkbox"/> Nein

4.10 Kriterium 12: Systemkompatibilität

Wärmenetze stellen eine Infrastruktur dar, die für die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme in Einheiten, bei denen die Wärmeproduktion den lokalen Bedarf übersteigt, eine Voraussetzung sind. Sie sind ebenfalls Voraussetzung für den Einsatz der Tiefengeothermie zur direkten Wärmeversorgung sowie größerer solarthermischer Systeme, Biomassekessel oder großer Wärmepumpensysteme. Da eine gegenseitige Substitution der unterschiedlichen Wärmeerzeuger möglich ist, schaffen Wärmenetze ein hohes Maß an Systemkompatibilität. Aufgrund der Größe und zentralen Organisation der Wärmeerzeugung lassen sich Technologie- und Energieträgerwechsel relativ gut und schnell realisieren. Rund 27 % der deutschen Fernwärme stammt aus Kohlekraftwerken, bei einer schnellen Reduktion dieses Energieträgers sind Ersatzkapazitäten notwendig (AGFW 2015).

Eingeschränkt ist diese für Bestandsnetze ggf. in Bezug auf die Möglichkeit den Betrieb auf anderen, in der Regel niedrigere Systemtemperaturen umzustellen. Diese Beschränkung gilt auch in Bezug auf die Fähigkeit, Wärmenetze flexibler in Hinsicht auf Laufzeiten und variable Volumenströme zu betreiben um Flexibilitätsoptionen bei den mit dem elektrischen System gekoppelten Wärmeerzeuger Wärmepumpen und KWK zu realisieren.

5 F&E-Empfehlungen für die öffentliche Hand

Das Technologiefeld Wärmetransport und -Verteilung wird zum einen dadurch charakterisiert, dass die grundlegende Technologie seit vielen Jahrzehnten bekannt und im Markt eingeführt ist, zum anderen sich die Randbedingungen ändern, in denen die Technologie eingesetzt wird und dies mit wirtschaftlichen Risiken behaftet ist. Forschung und Entwicklung aus öffentlicher Hand ist daher weniger mit dem technologischen Risiko zu begründen als mit dem wirtschaftlichen Risiko. Der in der Vorgängerstudie „Energietechnologien 2050“ formulierte Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht zum Teil auch heute noch (Wietschel et al. 2010).

- Transformation von Wärmenetzen: Low-Ex-Netze und dezentrale Einspeisung
 - Demonstration von „neuen“ Anwendungsfeldern mit Evaluierung des Anlagenbetriebs: Abgestimmte Systemintegration verschiedenster Erzeuger und Integration von niederkalorischer Wärme (Solarthermie, Wärmepumpen, industrielle Abwärme, Tiefengeothermie) in Wärmenetze.
 - Entwicklung von Methoden und deren Demonstration zur Transformation des hydraulischen Systems.
 - Entwicklung von Methoden zur abschnittweisen Sanierung und Optimierung von Wärmenetzen
 - Kosteneffiziente Verlegetechnologien für urbane Bestandsgebiete
 - Zustandsermittlung bestehender Fernwärmenetze
- Optimierung und Flexibilisierung des Netzbetriebes
 - Entwicklung innovativer Betriebskonzepte für Wärmenetze (z. B. kalte Netze, Low-Ex-Konzepte, Netze mit zeitlich variierendem Temperaturniveau, Flexibilisierbarkeit der Netzinfrastruktur) unter Berücksichtigung der Kopplung von Wärme und Strom.
 - Regelung und Steuerung komplexer Niedertemperaturnetze mit mehreren Wärmequellen (Erdkollektoren, Luft, Solarwärme, Fernwärme) und Wärmeerzeugern unter Einbindung weiterer Wärmeerzeuger (z. B. Solarwärme). Hier sollten Demonstrationsvorhaben initiiert werden.
 - „Steuerung“ der Nutzer zu „smarten“ Verbrauchern um last-, temperatur- und angebotsregelte Hausstationen in Wärmeversorgungsnetze zu integrieren.
 - Einsparung von Pumpstrom, Entwicklung neuer Betriebskonzepte (z. B. morgenspitze flexibler versorgen), Senkung des Temperaturniveaus des Verteilersystems im Sommer (hier sind die Verluste am höchsten) durch Einbindung dezentraler Komponenten, höhere Temperaturspreizung durch niedrigere Rücklauftemperaturen (modifizierte Übergabestationen und gesteuerte Rezirkulation in Gebäuden), Bündelung unterschiedlicher Versorgungsaufgaben (z. B. Dreileitersysteme).
- Planungsinstrumente
 - Entscheidungshilfen zur Abwägung von Wärme-/Kältenetzen im Vergleich zu Einzelversorgungslösungen
 - Entwicklung einfach zu bedienende Auslegungs- und Simulationswerkzeuge für Wärmenetze

- Entwicklung von kommunalen, intersektoralen Planungssystemen und Aufbau öffentlicher Datenbestände für Energieinfrastrukturen (GIS), insbesondere Gewerbe und Industrie.
- Sozio-ökonomische und techno-ökonomische Analysen
 - Techno-ökonomische Analysen von Wärmenetzen unter Berücksichtigung der Sektorkopplung: Optimierte Wechselwirkung zwischen leitungsgebundenen und leitungsungebundenen Wärmeversorgungssystemen, Bewertung des Beitrages der Wärmenetze
 - Ökonomische Analysen zur Entwicklung von Geschäftsmodellen: Entwicklung und Analyse der Effekte von netzbedingten (Markt-)Mechanismen und neuer Tarifsysteime; Abbildung von Netzaspekten auf neue Strom-/Wärmeprodukte und Untersuchung zur Relevanz von Systemdienstleistungen durch Abnehmerpools (Speicher/negative Regelenergie)
 - Stärkung von Akzeptanz und Nutzungsbereitschaft für Wärme-/Kältenetze: Analyse von Präferenzen.

Literaturverzeichnis

- AGFW (2016): K. Schmitz, AGFW-Hauptbericht 2015.
- AGFW; GEF; IFEU (2013): Transformationsstrategien Fernwärme TRAFO (Angelika Paar, Florian Herbert, Dr. Martin Pehnt, Susanne Ochse, Dr. Stephan Richter, Stefanie Maier, Magalie Kley, Dr. Heiko Huther, Dr. Jens Kühne, Dr. Ingo Weidlich).
- BIO (2017): <https://bioenergiesdorf.fnr.de/index.php?id=2116>.
- Clausen, J. (2012a): Kosten und Marktpotenziale ländlicher Wärmenetze. Borderstep Institut. https://www.borderstep.de/wp.../Clausen-Kosten_-laendliche_-Waermenetze-2012.pdf.
- Clausen, J. (2012b): Akzeptanz von Nahwärmenetzen. Borderstep Institut. https://www.borderstep.de/wp.../Clausen-Kosten_-laendliche_-Waermenetze-2012.pdf.
- DHC (2017): IEA Technology Collaboration Programme on District Heating and Cooling including Combined Heat and Power, PROGRAMME PERIOD 2017 – 2020 (ANNEX XII), www.iea-dhc.org.
- EnArgus (2017): <https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/?op=enargus.eps2>. Letzter Zugriff: 04.05.2017
- FREI (2016): Amtsblatt Stadt Freiburg 673 vom 3. Juni 2016, „Gutleutmatten: Energiekonzept ist bindend“.
- Google (2017): Abruf des Stichworts „district heating“, Google Scholar.
- Greenpeace International; Global Wind Energy Council; SolarPowerEurope (2015): Energy [R]evolution - A sustainable World Energy Outlook 2015. <http://www.greenpeace.org/international/en/publications/Campaign-reports/Climate-Reports/Energy-Revolution-2015/>. Letzter Zugriff: 07.01.2017.
- Huther, H. (2015): Wärmenetze zur effizienten Versorgung von Quartieren – Chancen und Hemmnisse, 9. Projektleiter-Meeting EnEff: Aachen, 11.05.2015.
- Lund et al. (2014): 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. Energy 68 (2014) 1-11.
- Öko-Institut; Fraunhofer ISI (2015): Klimaschutzszenario 2050. 2. Endbericht. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Berlin, Karlsruhe.
- Palzer, A. (2016): Sektorübergreifende Modellierung und Optimierung eines zukünftigen deutschen Energiesystems unter Berücksichtigung von Energieeffizienzmaßnahmen im Gebäudesektor. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Prognos; EWI; GWS (2014): Entwicklung der Energiemärkte - Energiereferenzprognose. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie; Projekt Nr. 57/12; Basel, Köln, Osnabrück.

Richter, S. (2014): Herausforderung kommunale Energieversorgung: Wärmenetze für Stadtquartiere. GEF Ingenieur AG. Berliner Energietage, 20.05.2014.

Wietschel, Martin; Arens, Marlene; Dötsch, Christian; Herkel, Sebastian; Krewitt, Wolfram; Markewitz, Peter; Möst, Dominik; Scheufen, Martin (2010): Energietechnologien 2050 - Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung. ISI-Schriftenreihe Innovationspotentiale. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
<https://www.energiotechnologien2050.de>